
**Japanese Unexamined Patent Application, First Publication No.
H1-259103**

Date of First Publication: 1989/10/16

Japanese Patent Application No. S63-87833

Application Date: 1988/04/08

Int. Cl.	Identification	Internal Serial Number
B 22 F	3/10	E-7511-4K
C 22 C	33/02	A-7619-4K

Examination Request: none

Number of Claims: 1

**Title of the Invention: SINTERING METHOD FOR AN FE-C-CU-BASED
MULTI-COMPONENT ALLOY POWDER**

**Inventors: Yasuyuki FUJIWARA
Masayoshi YOKOI
Mikio KONDO**

**Applicant: Toyota Automotive, KK
Toyota Central Research, KK**

Agent: Hiroshi OKAWA

2. Claim

(1) A sintering method for a Fe-C-CU-based multi-component alloy powder characterized in comprising a first sintering process in which heating is carried out for 30 to 80 minutes at a temperature from 900°C to the melting point of Cu in a sintering atmosphere in which nitrogen gas and/or hydrogen gas is used, or in a vacuum, and a second sintering process in which heating is carried out for at least 20 minutes at a temperature from the melting point of copper to the melting point of iron.

.....

The present invention is a sintering method for an F-C-Cu-based multi-component alloy powder, and relates to a sintering method in which a sintered compact having high strength and dimensional precision can be manufactured, and can be used in the manufacture of sintered machine components such as gears and cams.

.....

BEST AVAILABLE COPY

The amount of carbon included in the Fe-C-Cu-based multi-component alloy powder that is used in the present invention is in a range of 1.5% or less. C is added as graphite powder. The reason is that up to 1.5% graphite, almost no free carbon remains in the sintered compact, whereas at 1.5% and above, free carbon remains in the sintered compact, and the proportion of the cementite structure drastically increases accompanying the decrease in the strength of the sintered compact. In addition, the amount of added Cu is up to 8% of the solid solubility limit of γ Fe. One species or two or more species among Ni, Cr, Mo, Mn, Si, W, P, and S may be added as other included alloy elements. Any of these alloy elements are mixed with Fe singly or as a compound powder.

⑫ 公開特許公報(A) 平1-259103

⑮ Int. Cl.⁴B 22 F 3/10
C 22 C 33/02

識別記号

庁内整理番号

E-7511-4K
A-7619-4K

④ 公開 平成1年(1989)10月16日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全10頁)

⑭ 発明の名称 Fe-C-Cu系多成分合金粉末の焼結方法

⑰ 特 願 昭63-87833

⑱ 出 願 昭63(1988)4月8日

⑲ 発 明 者 藤 原 康 之 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 ⑲ 発 明 者 横 井 正 良 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 ⑲ 発 明 者 近 藤 幹 夫 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会
 社豊田中央研究所内
 ⑲ 出 願 人 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 ⑲ 出 願 人 株式会社豊田中央研究 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1
 所
 ⑲ 代 理 人 弁理士 大 川 宏

明 細 書

1. 発明の名称

Fe-C-Cu系多成分合金粉末の焼結方法

2. 特許請求の範囲

(1) 焼結雰囲気中に窒素ガスおよび/または水素ガスを用い、または真空中で、900℃から銅の融点までの温度の間で30～80分間加熱する第1の焼結工程と、銅の融点から鉄の融点までの温度少なくとも20分間加熱する第2の焼結工程とからなることを特徴とするFe-C-Cu系多成分合金粉末の焼結方法。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明はFe-C-Cu系多成分合金粉末の焼結方法であって、高強度で寸法精度に優れた焼結体が製造でき、ギア、カムのような焼結機械部品の製造に有用な焼結方法に関する。

[従来の技術]

焼結法は量産になるほどコスト的に有利であり、機械部品の焼結化は自動車工業を中心に進められ

てきた。特に近年はギア、カムのような鉄系焼結機械部品の生産量は、非鉄系焼結機械部品の代表であった含油軸受より多くなっている。

鉄系焼結機械部品の製造法は、Fe粉、添加元素粉、ステアリン酸亜鉛のような潤滑剤粉を配合して混合し、金型へ充填し圧縮成形して成形体を得、これを焼結するものである。

従来、この種の合金粉の焼結方法には、粉末に添加されるステアリン酸亜鉛などの型潤滑剤を焼結の昇温過程にて除去する目的で、第7図に示すように550～750℃の温度で10～20分保持し、然る後焼結温度である1120～1150℃に加熱保持する昇温パターンを採用する場合と、焼結炉のコンパクト化を目的とし焼結温度である1120～1150℃に急速加熱して保持する第8図に示す昇温パターンを採用する場合とがある。

Fe-C系の焼結合金の製造方法に関する提案としては、特公昭46-42284号公報の発明がある。この発明は炭素を含む鉄系焼結合金の製造方法に関し、従来の製造方法における炭素を含

む鉄系焼結合金の強度不足、韌性不足を解決すべく、なされたもので、炭素を固溶すると鉄系金属粉相互間のネットワーク生成が困難になることにその原因があることを見出し、鉄系金属の $\alpha-\gamma$ 変態点以下の温度で炭素の固溶が非常に遅く、鉄系金属粒子相互のネットワークが優先して生成することを利用し、炭素が鉄系金属粒子に固溶する前に十分な鉄系金属粒子相互間のネットワークを作りその後炭素を鉄系金属組織中に固溶させることにより、炭素を含む鉄系焼結合金の強度向上と韌性向上をはかることに成功したものである。すなわち、この発明では先ず $\alpha-\gamma$ 変態点より低く焼結開始温度より高い温度で焼結し鉄系金属によるネットワークを生成せしめた後、 $\alpha-\gamma$ 変態点より高い温度で焼結し鉄系金属のネットワークに炭素を固溶せしめることを特徴とする。

また、Fe-Cu系の焼結金属に関する提案には、特公昭47-485号公報の提案があり、この提案は鉄粉と銅粉との混合粉を使用して銅を含む鉄系焼結合金の製造方法に関するものである。この

-3-

液相の浸透、またはFe粉粒子内の結晶粒界へのCuの拡散が起こる。そのため、Fe粒子はCu融液に覆われ、黒鉛その他の合金成分の拡散が不十分となり、1100℃前後の温度で均熱保持する焼結時間を長くしても、焼結体の高強度特性が得られないという問題点があった。

一方、Fe-C系粉末にCu粉を添加して焼結した場合も、焼結体の焼入性の向上のほか寸法調節効果があるが、膨張の程度はCの存在により抑制される。前記の従来の焼結方法によれば、Cの拡散とCuの融解・拡散がほぼ同時に始まり、両成分の挙動の再現性が乏しく、結果として寸法のばらつきが大きくなるという欠点がある。

前記いずれの先行技術も鉄系焼結合金の韌性を強化するためになされたものであるが、前者はFe-C二元系に関し、Cが拡散する前に鉄系金属のネットワークを形成せしめ、然る後にこのネットワークにCを固溶せしめることに特徴があり、後者はFe-Cu二元系に関し、Cuの融点以下の温度で鉄系金属のネットワークを形成し、然る後

発明は銅を含む鉄系焼結合金の強度と韌性を向上するためになされたもので、従来の製造法における焼結合金の韌性不足が、鉄系金属組織中への銅の固溶の均一性にあることを見出だし、銅の融点より低い温度で先ず鉄系金属粉同志を焼結してネットワークを生成せしめた後、銅の融点より高い温度で加熱することにより銅粉を鉄粒子の表面部分にのみ拡散させて韌性の大きい鉄系焼結合金を製造することに成功したものである。すなわち、この発明では先ず銅の融点より低く鉄の焼結温度より高い温度で焼結し鉄系金属によるネットワークを生成した後、銅の融点より高い温度で焼結し鉄系金属によるネットワークを損なうことなく銅を不均一に浸透拡散せしめることを特徴とする。

[発明が解決しようとする課題]

前記従来技術における昇温方法は、型潤滑剤の除去や急速加熱を目的とし、銅の融点(1083℃)以上の焼結温度へ一気に昇温するため、黒鉛や合金粉がFe粒子内への拡散が進行する前にCuによる膨張が開始し、すなわちFe粒子間へのCu

-4-

にCuの融点以上の温度でこのネットワークにCuを不均一に浸透拡散せしめる点に特徴があり、いずれもCuの融液によりFe粒子への合金元素の拡散が妨げられ高強度の焼結体が得られないという前記問題点を直接解決するものではない。

本発明はFe-C-Cu系多成分合金粉末の従来の焼結方法において、黒鉛や合金粉がFe粒子内への拡散が進行する前にCuによる膨張が開始し、すなわちFe粒子間へのCu液相の浸透、またはFe粉粒子内の結晶粒界へのCuの拡散が起こるため、Fe粒子はCu融液に覆われ、黒鉛その他の合金成分の拡散が不十分となり、焼結時間を長くしても、焼結体の高強度特性が得られないという問題点およびCopper Growthを抑制するCの拡散とCuの融解・拡散がほぼ同時に始まり、両成分の挙動の再現性が乏しく、結果として寸法のばらつきが大きくなるという問題点を解決すべくなされたもので、Fe粒子内への黒鉛およびその他の合金成分の十分な拡散を図り高強度の焼結体が得られると共に、寸法精度の優れた焼結体を得ることので

きるFe-C-Cu系多成分合金粉末の焼結方法を提供することを目的とする。

[課題を解決するための手段]

本発明はFe-C-Cu系に関するものであり、本発明の原料粉末はFe粉に添加元素粉としてCおよびCuと、必要に応じてNi、Cr、Mn、Si、Mo、W、PおよびS等のうち1種または2種以上を混合するものである。

Cは焼結機械部品に強度を付与するために添加される。Cは黒鉛粉で添加され、焼結中にFe中へ拡散させる。Cは焼結中に雰囲気ガスの組成および温度により、浸炭されたり脱炭されたりする。

CuはFe焼結体の焼入性を向上し強度強化に寄与する元素であるが、同時に焼結体の寸法調節という特異な効果をもたらす。すなわち、Fe-Cu系の合金粉を焼結すると、Cuの融点付近から急に膨張し、焼結後の寸法はFeの場合より大きくなるので、この現象が焼結体の寸法調節に利用される。このようなCu添加による膨張現象はCopper Growthといわれ、その原因はFe粒子

間へのCu液相の浸透、またはFe粉粒子内の結晶粒界へのCuの拡散が膨張に寄与するとされている。

発明者等は前記課題を解決するため、Fe粒子内への黒鉛および合金元素の拡散の挙動について、鋭意研究を重ねた。その結果、黒鉛および合金元素のFe粒子内への拡散は、銅の融点以下の温度でも十分に起こることを突き止めた。さらに、黒鉛および合金元素のFe粒子内への拡散が開始する温度についても研究を重ね、900℃付近からこれら合金元素の拡散が急激に開始することを発見した。

また、焼結体中のC量と関係する雰囲気ガスについて検討を重ねた。従来の炭化水素変成ガスを雰囲気ガスとして用いると、その組成および温度によって脱炭あるいは浸炭が起こることから、脱炭あるいは浸炭を惹起しない窒素ガスおよび/または水素ガスを雰囲気ガスとしてあるいは真空を用いることを着想した。

本発明は前記の事実に基づいて完成されたもの

-7-

であり、本発明のFe-C-Cu系多成分合金粉末の焼結方法は、焼結雰囲気に窒素ガスおよび/または水素ガスを用い、または真空中で、900℃から銅の融点までの温度で30～80分間加熱する第1の焼結工程と、銅の融点から鉄の融点までの温度で20分以上加熱する第2の焼結工程とからなることを要旨とするものである。

本発明が適用されるFe-C-Cu系多成分合金粉末に含まれる炭素の量は1.5%以下の範囲である。Cは黒鉛粉で添加されるが、1.5%黒鉛までは焼結体中に殆ど遊離炭素が残らないが、1.5%以上になると焼結体中に遊離炭素が残留し、かつ焼結体の強度低下につながるセメント組織の割合が著しく増加することとなるからである。また、Cuの添加量はγFeの固溶限の8%までである。その他に含まれる合金元素としてはNi、Cr、Mo、Mn、Si、W、PおよびS等のうち1種または2種以上を添加してもよい。いずれの合金元素も単体あるいは化合物の粉末としてFe粒子と混合される。

-8-

原料となるFe粉には、電解鉄、噴霧鉄、還元鉄またはカーボニル鉄粉のいずれを用いても良い。Fe粉と黒鉛粉および合金元素粉を混合し、さらに0.5～1.5%の潤滑剤を加えよく混合する。混合した粉体は金型に充填してプレスで圧縮して成形体を得る。成形体は焼結雰囲気に窒素ガスおよび/または水素ガスを用い、900℃から銅の融点(通常1083℃)までの温度の間を30～80分間かけて昇温する第1の焼結を行う。焼結の雰囲気ガスは窒素ガスのみでも水素ガスのみでもまた窒素ガスと水素ガスの混合ガスでも良い。焼結の雰囲気ガスとして用いられる窒素ガスおよび/または水素ガス中に含まれるCO、O₂、CO₂およびH₂Oの量は可及的に少ない方が望ましい。O₂、CO₂およびH₂Oが多いと脱炭および酸素との親和力の強い元素の酸化が起こるからであり、COガスが含まれると、雰囲気中にカーボン・ポテンシャルが生ずるからである。なお、雰囲気中のO₂、CO₂およびH₂Oを減じるために添加される微量の炭化水素ガスについては、本発明

の効果を妨げるものではない。また、焼結温度は900℃から銅の融点までの温度の間の一定温度で保持しても良く、あるいは前記温度の間である程度の温度勾配を持たせて昇温しても良い。なお、焼結雰囲気としては真空を用いても同様の結果が得られる。

第1の焼結工程によって得られた焼結体は、直ちに第2の焼結工程に移行しても良いが、さらに焼結体の密度を向上し所要の寸法と形状を確保するため、必要に応じて焼結体を金型に入れて再圧縮する。第2の焼結工程では、焼結雰囲気に窒素ガスおよび/または水素ガスを用い、銅の融点から鉄の融点までの温度で20分以上加熱する。なお、第1の焼結工程を終わってそのまま第2の焼結工程に移行するのが通常であるが、第1の焼結工程を終わって一旦降温後、第2の焼結工程の温度まで加熱しても同様の効果が得られる。

かくして得られたFe-C-Cu多成分系合金の焼結体は、従来のものより強度が高く、硬さ、靱性ともに優れ、かつ寸法精度の優れたものであり、

-11-

子内への拡散が極めて遅いからである。

900℃以上の焼結温度で、黒鉛粉のFe粒子内への拡散が起こることは、次の実験によって確認されている。Fe原料粉末(Fe粉末に4%Ni粉末、1.5%Cu粉末および0.5%Mo粉末を混合したもの)に0.6%黒鉛粉を混合し、成形面圧7t/cm²で金型成形してテストピースを作成し、加熱条件を750、800、850、880℃で30分均熱後冷却した。それぞれのテストピースの金属組織を顕微鏡で観察し、その金属組織を表す100倍および400倍の顕微鏡写真を第6図(A)(B)(C)(D)に示した。第6図から明らかなように、加熱温度が高くなるに従ってFe粒子中への黒鉛の拡散が増加し、Fe粒子中の黒灰色の部分の割合が増えているが、750℃で加熱した第6図(A)および800℃で加熱した第6図(B)では黒鉛は殆ど拡散せずに残っている。850℃で加熱した第6図(C)では、一部の拡散が認められる。880℃で加熱した第6図(D)はかなり拡散が進行しているが、粒子間の黒い部分に残留黒鉛

機械焼結部品にとって極めて有用な焼結方法が実現されているのである。

〔作用〕

Fe粉に添加元素粉およびステアリン酸亜鉛のような潤滑剤粉を配合し、これを金型へ充填し圧縮成形して得た成形体は第1の焼結工程において、焼結雰囲気に窒素ガスおよび/または水素ガスを用い、900℃から1083℃までの温度の間を30～80分間かけて昇温する。

第1の焼結工程において、焼結温度を銅の融点以下に設定したのは、Cuの融点である1083℃を越えるとCuによる膨張が開始し、すなわちFe粒子間へのCu液相の浸透、またはFe粉粒子内の結晶粒界へのCuの拡散が起こるため、Fe粒子はCu融液に覆われ黒鉛や合金粉がFe粒子内への拡散が妨げられるからである。なお、銅の融点は通常1083℃であるが、Niなどの存在により上昇することがある。また、第1の焼結工程における焼結温度を900℃以上に設定したのは、900℃以下では黒鉛粉その他の合金粉のFe粒

-12-

も0.15～0.2%(全C分析値0.54%)存在している。

以上の結果より焼結温度として900℃以上の温度で30分以上加熱時間を確保すれば、黒鉛を十分に拡散できることが確認された。なお、焼結時間の上限を80分に限定したのは、80分以上の焼結時間をかけても残留黒鉛の量は殆ど一定となり、不経済となるからである。

また、焼結工程には焼結雰囲気に窒素ガスおよび/または水素ガスを用いたので、Fe粒子内への拡散したC量は雰囲気ガスにより脱炭または浸炭されることがなく、Cuによる膨張作用を抑制する焼結体中のC量が所望の水準に保たれる。

第1の焼結工程を終わった焼結体は、必要に応じて再圧縮した後、焼結雰囲気に窒素ガスおよび/または水素ガスを用い、銅の融点から鉄の融点までの温度で20分以上加熱する。第2の焼結工程における焼結温度はCuの融点1083℃より高いので、Cuの熔融による焼結体の膨張が開始し、Fe粒子間へのCu液相の浸透、またはFe粉

粒子内の結晶粒界へのCuの拡散が起こる。しかし、第1の焼結工程において黒鉛および添加合金元素の拡散が十分に行なわれているので、Cu融液による合金元素の拡散の妨害といったことを考慮する必要がない。また、Fe粒子中へのCの拡散により、Cuによる膨張は抑制されるが、焼結の雰囲気ガスが脱炭あるいは浸炭の起こらない窒素ガスおよび/または水素ガスまたは真空中であるので、Fe粒子中のC量の変動がなく、Cuによる膨張は一定の限度で抑制される。

[実施例]

以下に、本発明の実施例を示し、本発明をさらに具体的に明らかにするが、本発明が以下に述べる実施例の記載によって何等限定的に解釈されるものではない。

(実施例1)

Fe原料粉末としてヘガネス社製拡散合金粉(DISTALOY AE Fe粉末に4%Ni粉末、1.5%Cu粉末および0.5%Mo粉末を混合したもの)を用い、黒鉛を0.6%、型潤滑剤としてス

テアリン酸亜鉛を0.8%混合し、粉末冶金工業会標準の引張試験用金型に充填し、成形圧力3~5t/cm²で成形した。次いで型潤滑剤を除去する目的でN₂+5%H₂雰囲気で850℃の温度で30分間加熱した。続いてなたね油を潤滑剤として同じ金型を用い成形圧力6~9t/cm²で成形し、4種類の成形密度の試験片を各20個製作した。

第1図は本発明の昇温パターン1と、従来方法の昇温パターン2を、縦軸に温度、横軸に時間をとって示したものである。本発明の昇温パターンは、900℃から1083℃までの間を昇温する間に1000℃で15分間保持し、900℃から1083℃の間を合計で30分かけて昇温し、その後1120℃に昇温して20分保持したものである。従来方法の昇温パターンは、1120℃まで昇温しその温度で30分間保持するものである。得られた各成形密度毎に10個ずつの試験片を焼結雰囲気ガスに窒素ガス+5%水素ガスを用い本発明方法による昇温パターン1と従来方法による昇温パターン2に従ってそれぞれ焼結して、焼結

-15-

体を得た。

得られた焼結体について、硬さHv、引張強さkgf/mm²および伸び%を測定した。なお、引張強さは島津製スイトロン型万能試験機を用い5mm/minの速度で引張試験を行い、伸びは標点距離を25mmとし破断後の長さを1/20mmまでノギスで測定して計算によって求めた。

得られた結果は焼結体の密度別に集計し、それぞれの平均値を求め、第2図にまとめて示した。第2図から明らかなように、本発明方法による焼結体は従来方法による焼結体よりも引張強さが4~5kgf/mm²高くなっており、さらに硬さおよび伸び共に本発明方法による焼結体は従来方法による焼結体よりも優れた値を示した。

次に本発明例の焼結体と従来例の焼結体の顕微鏡組織とエレクトロンプローブマイクロアナライザ(以下EPM Aと呼ぶ)の線分析を調べ、結果を第3図(A)(B)および第4図(A)(B)に示した。第3図(A)は本発明例の焼結体の200倍の金属組織を表す顕微鏡写真であるが、Fe粒子中にC

-16-

が十分に拡散し、パーライト中の炭素量が多いのが観察される。第3図(B)は従来例の焼結体の金属組織を表す200倍の顕微鏡写真であるが、Fe粒子中へのCの拡散が不十分でα相(フェライト)が観察される。

第4図(A)は本発明例の焼結体のEPM A線分析結果であるが、Cの拡散が良好であって、Cの偏在を示すCのピークが殆ど見られない。これに対して第4図(B)は従来例の焼結体のEPM A線分析結果であるが、残留の黒鉛の存在を示すCのピークが見られる。

次に、本発明例の焼結体と従来例の焼結体の内部を削り、切粉の全炭素量と残留黒鉛量を測定し鉄中に固溶した炭素量を計算した。結果は第1表に示す。

(以下 余 白)

第 1 表

区 分	全炭素量 (%)・(a)	残留黒鉛 (%)・(b)	固溶炭素量 (%)・(a-b)
発 明 例	0.54	0.06	0.48
従 来 例	0.54	0.16	0.38

第1表から明らかなように、本発明例の焼結体は従来例の焼結体よりも焼結時間が短くても、残留黒鉛が少なくなっていることが確認された。

(実施例2)

原料粉末としてFe粉末に2%Cu粉および0.9%黒鉛粉を混合したものを用い、型潤滑剤としてステアリン酸亜鉛を0.8%混合し、成形荷重3~7t/cm²で、直径46mm、高さ10mmの寸法変化調査用の円柱試験片を、種々の密度について各12個づつを成形した。

得られた成形体の寸法を測定した後、実施例1と同様に窒素+5%水素雰囲気で、第1図に示す本発明の昇温パターンと、従来方法の昇温パターンで焼結し、焼結体の寸法を測定して寸法変化率および寸法のバラツキを算出した。得られた結果

-19-

法精度が向上し、寸法のばらつきが小さくなる。

(c) 本発明の焼結方法は、従来方法よりも焼結時間が短くて、十分に黒鉛その他の合金元素を拡散して強度の高い焼結体を得ることができるので、高温で保持する時間を短縮することによる省エネルギーの効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明例と従来例の焼結条件の昇温パターンを示す温度と時間の関係を示す図、第2図は本発明方法による焼結体と従来方法による焼結体の硬さ、引張強さおよび伸びを焼結体の密度別にプロットした図、第3図(A)は本発明方法の焼結体の金属組織を表す200倍の顕微鏡写真、第3図(B)は従来方法の焼結体の金属組織を表す200倍の顕微鏡写真、第4図(A)は本発明方法による焼結体のEPM A線分析結果、第4図(B)は従来方法の焼結体のEPM A線分析結果、第5図は本発明例と従来例の焼結体の寸法変化率を密度別に表した図、第6図(A)は750℃で30分間加熱した焼結体の100倍および400倍の金属

は密度別に平均値と±3σの範囲を第5図に示した。

第5図に示したように、本発明例は従来例と比較して寸法変化率が低く、かつ寸法変化のバラツキも極めて小さいことが明らかとなり、本発明では寸法精度の優れた焼結体の得られることが確認された。

[発明の効果]

本発明方法によってもたらされる効果は次の通りである。

(a) Cuの融点以下の温度でかつ黒鉛および合金元素がFe粒子内に十分に拡散をする温度で第1の焼結を行うので、Fe粒子がCuの融液で覆われる前に、黒鉛および合金元素をFe粒子内に十分に拡散させて固溶させることにより、強度および靱性の優れた焼結体を得ることができる。

(b) 焼結の雰囲気は脱炭および浸炭の殆ど起こらない窒素ガスおよび/または水素ガスを用いるので、Cuによる膨張作用を抑制する焼結体中のC量が所望の水準に保たれ、そのため焼結体の寸

-20-

組織を表す顕微鏡写真、第6図(B)は800℃で30分間加熱した焼結体の100倍および400倍の金属組織を表す顕微鏡写真、第6図(C)は850℃で30分間加熱した焼結体の100倍および400倍の金属組織を表す顕微鏡写真、第6図(D)は880℃で30分間加熱した焼結体の100倍および400倍の金属組織を表す顕微鏡写真、第7図および第8図は従来方法の焼結の昇温パターンを示す温度と時間の関係の図である。

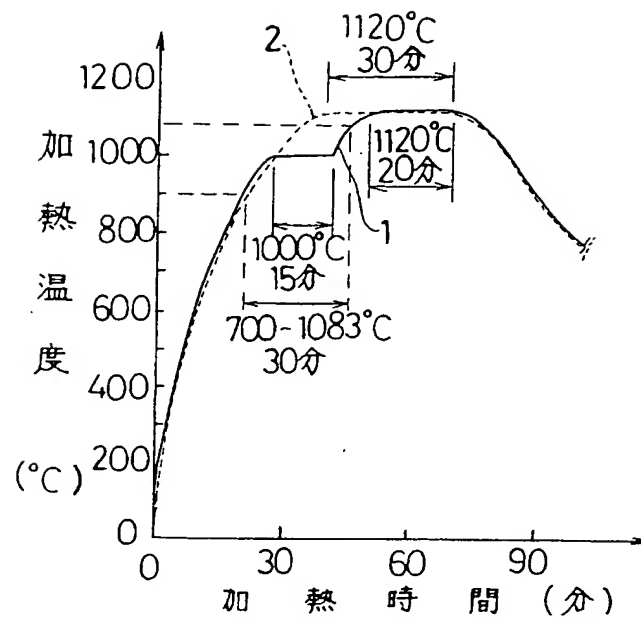
1・・・本発明方法の昇温パターン、2・・・従来方法の昇温パターン。

特 許 出 願 人 トヨタ自動車株式会社

同 上 株式会社豊田中央研究所

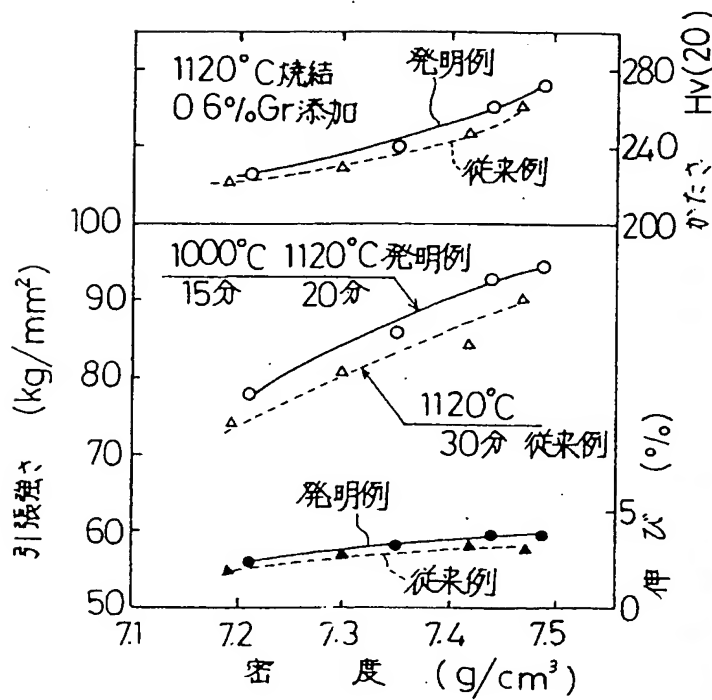
代理人 弁理士 大 川 宏

第1図

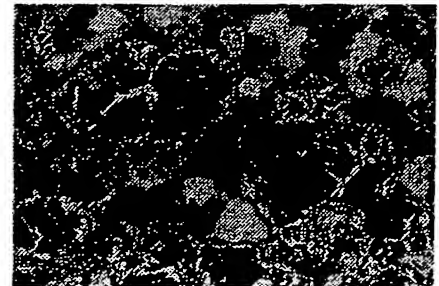


第3図

第2図



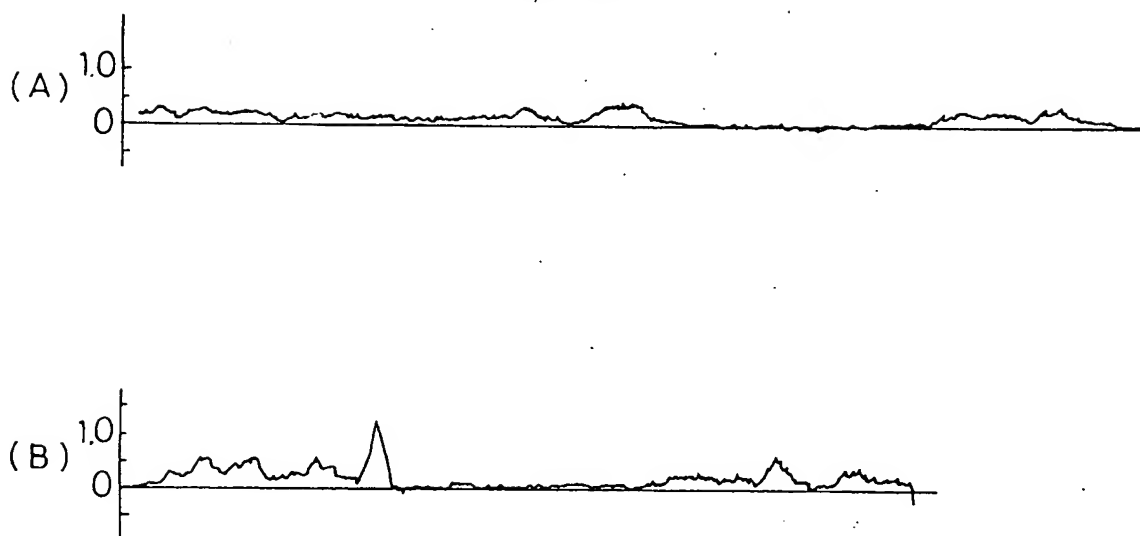
(A)



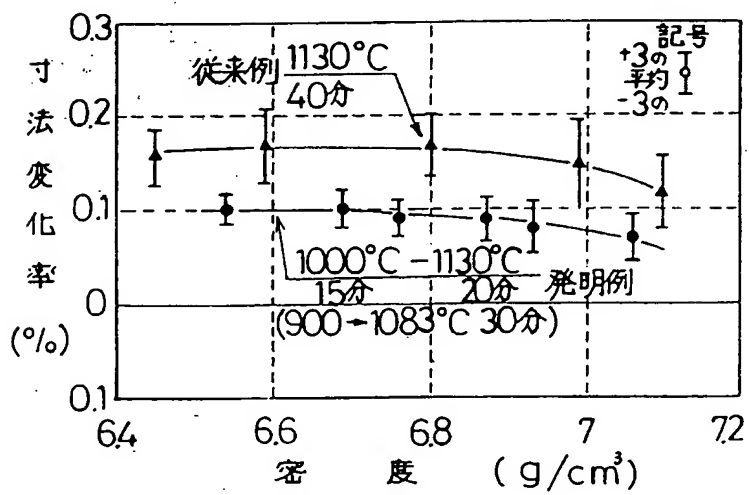
(B)



第 4 図



第 5 図



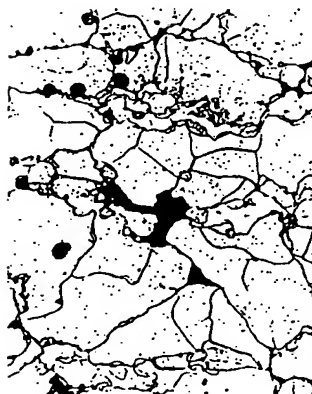
第 6 図

第 6 図

(A)



x100



x400

(C)



x100



x400

(B)



x100



x400

(D)

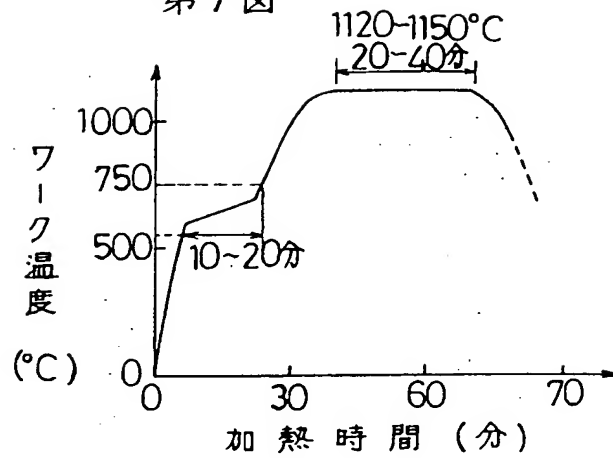


x100

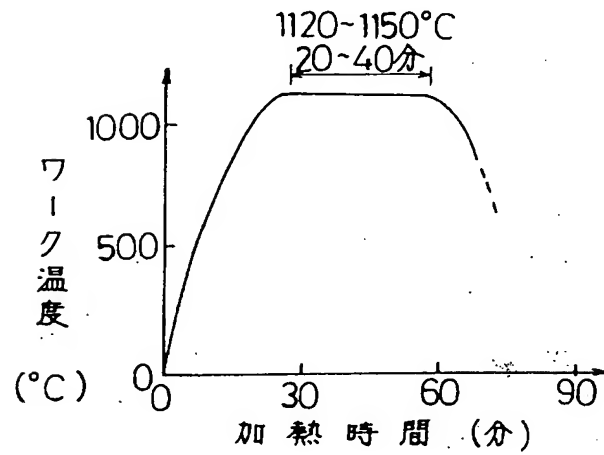


x400

第7図



第8図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.